# 实验报告

**学号：2413507 津南周五下午1048 J组8号 姓名：蒋林瀞**

**实验：直流双臂电桥**

***时间：2025/3/28***

一、实验前准备

* 1. **实验目的**

1. 了解低电阻的结构特点。

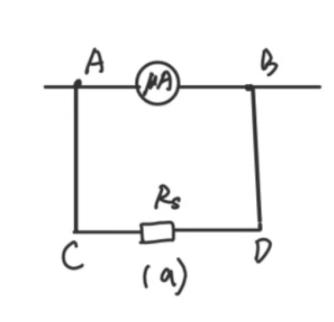
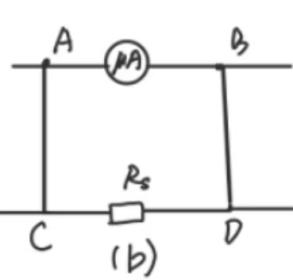
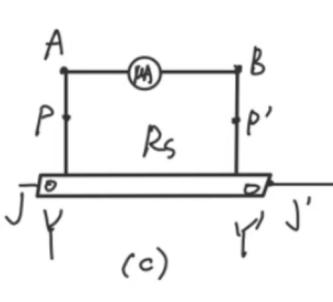
2. 掌握双臂电桥测量低阻的原理和方法。

**1.2 实验原理**

**1.从低电阻的结构特点分析四端法**

为便于问题的分析，下面以电流表扩程时分流电阻的不同接法为例来加以分析。图1.1所示为分流电阻的三种接法。微安表内阻一般为数量级：接线电阻一般为数量级：导线在联接处的接触电阻一般为数量级。当分流电阻小到欧姆数量级以下时，（a）图接法的分流电阻实际上包括和A、B、C、D四点的接触电阻及AC、BD两段接线电阻：（b）图接法的分流电阻仅包括和C、D两点的接触电阻，而将A、B两点的接触电阻及AC、BD两段接线电阻归给微安表支路，但它们远小于微安表内阻，故对该支路的影响可以忽略。可见（b）图较（a）图的接法分流更准一些。如果将分流电阻做成（c）图那样，在电阻体上Y、Y`两点焊出两个接头再与微安表相联接，在焊接时测量好YY`间的阻值正好等于所需的分流电阻Rs的阻值。易看出，四点的接触电阻及AY、BY`两段接线电阻都已归给微安表支路而被忽略，这样就保证了分流的精确。因此低电阻都做成四个接头，称做“四端结构”。

使用时，外侧两个接头J、J`串入工作电路并流过很大电流，故称做“电流接头”：中间与Y、Y`相联的两个接头P、P`称做“电压接头”。间的阻值可做成精确而稳定的已知阻值。按上述分析，低阻均做成四端结构，那么测量低阻也就归结为如何测出如图1.1（c）所示低阻体上间的阻值。

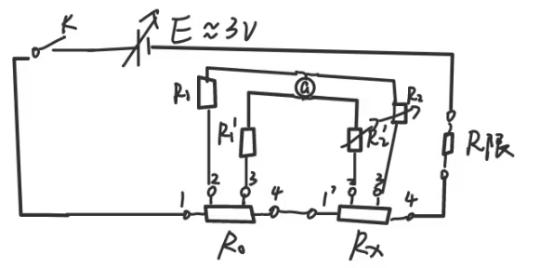
*图1.1*

**2.直流双臂电桥适用范围及四端法**

直流双臂电桥可用于测量阻值较小（）的未知电阻阻值。由于测量较小电阻时，导线及接触点的电阻都会对结果产生较大影响，故设计出一种电阻的四端接法（于上文中详细分析），即一个较小电阻两边各有两端接线点。此方法可使电阻与电流表导线处的接线电阻和接触电阻全部并入电流表内阻中，由于电流表内阻约为100~1000Ω数量级，可忽略不计。

另外两处接触电阻和接线电阻又可并入外电路总电阻中，亦可忽略不计。最终待测小电阻旁的接触电阻和接线电阻都不会对测量产生影响。

**3.实验时测量原理**



*图1.2*

上图为实验时测量电路图。其中为标准低阻，为待测低阻。四个比例臂电阻（具有双比例臂，这便是“双臂电桥”名称的由来）一般都有意做成几十欧姆以上的阻值，因此它们所在桥臂中接线电阻和接触电阻的影响便可忽略。两个低阻相邻电压接头间的电阻设为，常称为“跨桥电阻”。当电流计G指零时，电桥达到平衡，于是由基尔霍夫定律有：

式中、、，分别为电桥平衡时通过电阻、、的电流，联立上式得：

如果电桥平衡是在保证，即的条件下调得的，则上式可简化

为：

调节双臂电桥平衡有两种方法。一种是固定比例臂倍率，即让（n为整数)，调标准电阻使电流计示零：另一种是选定标准电阻(n为整数），同步地调节比例臂电阻、(即在调节过程中始终保持成立)，使电流计指零。本实验采取选定标准电阻，同步地调节电阻，使电流计示0的方法。

**4.灵敏度的定义及增加灵敏度的方法**

双臂电桥的灵敏度S可仿照惠斯登电桥的灵敏度来定义。即双桥平衡后，将比例臂电阻同步地偏调，若电流计示数改变，则灵敏度S为：

故由灵敏度S引入被测量的相对误差为：

考虑到跨桥电阻一般应明显小于和，可认为两低阻相邻电压接头等电势，这样双臂电桥就演化成单臂电桥了。此时电流计支路电阻变为，而四臂电阻之和，参考单臂电桥灵敏度的表达式可写出双臂电桥灵敏度的表达式：

或：

上式中的为图2中和间的电压：为电源供给双臂电桥的电流；为电流计的电流常量。可以看出，提高通入双桥的电流、选用电流常数和内阻均小的电流计、减小及阻值以及尽量使的阻值接近，可以使最小，都能提高双桥的灵敏度。

1. 实验进行时

**本实验中==，=**

前提1：不确定度的推导

对于等双臂电桥（即，)，由

可以证明有：

式中系数考虑到由电桥灵敏度决定的判断误差（为电流计的分辨率）。根据不确定度的传递公式，可得的总相对不确定度为：

式中、、、、分别为、、、、的相对标准不确定度。由上式可知，当平衡条件，与不是严格相等时，值越大给测量结果带来的误差也越大。

为了克服电流计回路温差电动势对电桥平衡状态的影响，必要时可将工作电源的极性换向，并将换向前后测得的低阻值取平均。

前提2：电阻率不确定度的推导

电阻率计算公式：

两边同时取自然对数：

两边取微分：

逐项平方，并将微分符号“d”改写成标准不确定度的符号“u”，各平方项用“+”号连接：

最后移项，并开平方，得：

**1.铜棍电阻率的测量：**

**(1)铜棍长度（两个电压接头之间）**

直尺单次测量B类不确定度：

两个电压接头之间的铜棍长度：

**(2)铜棍直径测量**

螺旋测微器零点读数:-0.003mm

测量值读数值零点读数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 直径(mm) | 4.471 | 4.475 | 4.485 | 4.491 | 4.488 | 4.4820 |

计算A类不确定度：

测量次数：，查表可得置信系数，

因此A类不确定度：

B类不确定度：

合成不确定度:

直径：

1. 调节电桥平衡

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 |  |  |  |  |  |
| 数据记录 |  |  |  |  |  |

的总相对不确定度为：

则电阻值：

1. **电阻率**

不确定度：

电阻率：

**2.铝棍电阻率的测量：**

**(1)铝棍长度（两个电压接头之间）**

直尺单次测量B类不确定度：

两个电压接头之间的铜棍长度：

**(2)铝棍直径测量**

螺旋测微器零点读数:-0.003mm

测量值读数值零点读数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 直径(mm) | 5.151 | 4.941 | 4.945 | 4.939 | 4.943 | 4.9838 |

计算A类不确定度：测量次数：，查表可得置信系数，

因此A类不确定度：

B类不确定度：

合成不确定度:

直径：

**(3)调节电桥平衡**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 |  |  |  |  |  |
| 数据记录 |  |  |  |  |  |

的总相对不确定度为

则电阻值：

1. **电阻率**

不确定度：

电阻率：

**3.铁棍电阻率的测量：**

(1)铁棍长度（两个电压接头之间）

直尺单次测量B类不确定度：

两个电压接头之间的铁棍长度*：*

(2)铁棍直径测量

螺旋测微器零点读数:-0.03mm

测量值读数值零点读数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 直径(mm) | 4.958 | 5.009 | 4.974 | 4.973 | 5.002 | 4.9832 |

计算A类不确定度：测量次数：，查表可得置信系数

因此A类不确定度：

B类不确定度：

合成不确定度:

直径：

**(3)调节电桥平衡**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 |  |  |  |  |  |
| 数据记录 |  |  |  |  |  |

的总相对不确定度为：

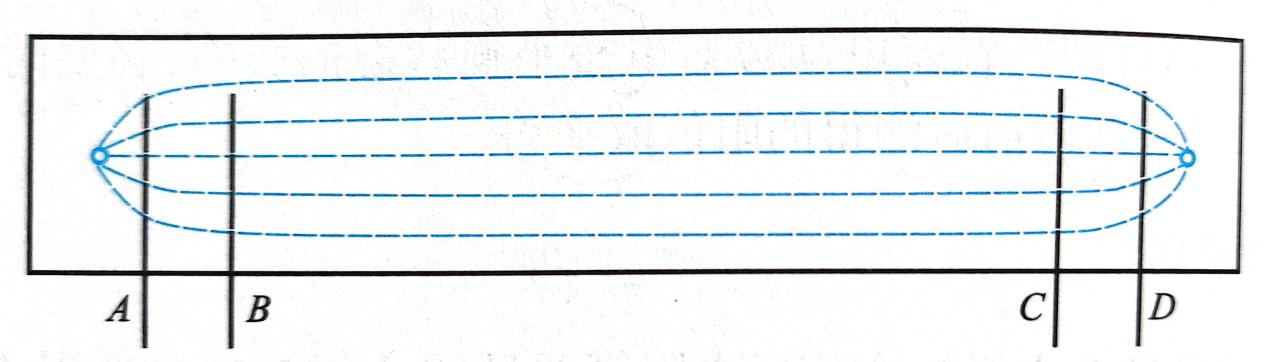
则电阻值：

1. 电阻率

求全微分得不确定度：

电阻率：

1. 思考题

若均匀板状低阻上电流的分布如下图所示，那么在测低阻材料的电阻率时，应该测哪两条线之间的电阻？如选择不当，测出的电阻率偏大还是偏小？

答：我认为应该测B、C两条线之间的电阻。如选择不当，测出的电阻率偏大。

1. 误差分析

1.实际测量时电流计的初始值并没有始终稳定在0，而是会上下波动，对测量时电桥平衡的判断造成误差。

2.电压一直波动，会造成一定的误差。

3.接线误差与接触误差，本次实验采取的直流电桥很明显能看到连接的导线非常多，导线与导线之间相互交叉，相互影响，造成接触情况不够稳定，这种误差会影响电流表示数。

4.本次实验理论上应保证电流表的示数为0，但实际上由于电阻箱无法连续调节，大多数情况下无法达到0，所以实验选取了距离0最接近的情况视作平衡，这种近似将不平衡视作平衡，造成一定的误差。

1. 实验后反思

在本次实验中，我使用了双臂电桥，通过连接电路，采用观察电流计示数的方法同时调节作为、的电阻箱的电阻来测量待测金属棒的电阻。之后，使用米尺和螺旋测微计分别测量了金属棒的长度与横截面积从而算出了铜、铝、铁的电阻率。此外，还测量了在测量不同金属棒电阻率时所用的电桥的电桥灵敏度，使用作图的方法发现电桥灵敏度与电源电压成正比。

通过实验，我不仅对双臂电桥的原理和金属棒的电阻率有了更直观的理解，也更加熟悉了使用单臂电桥测量待测电阻的方法和技巧。例如如何调整、、如何通过电流计的读数判断电流是否达到了平衡状态。

总的来说，本次实验对我掌握实验测量方法、训练实验技能和培养实验素养都有很大的帮助，是一次非常有意义的实验。做实验过程中我也获得了许多乐趣，使我对物理实验更加感兴趣，也期待着下一次实验。

*附件1：原始数据记录*

